

# УПРОЧНЕНИЕ СТАЛЕЙ КАРБИДАМИ ТИТАНА В ПРОЦЕССЕ ВНЕВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВ

*Муль Д.О., Ленивцева О.Г.*

*Руководитель – профессор, д.т.н. Батаев А.А.*

НГТУ, г. Новосибирск,

ddariol@ya.ru

В последнее годы проводится значительное количество исследований, основная цель которых заключается в получение недорогих износостойких покрытий материалов. Одним из эффективных методов упрочнения поверхности является наплавка с использованием высококонцентрированных источников энергии, к которым можно отнести электрическую дугу, лазерное и электронное излучения. Электронно-лучевая обработка поверхности вне вакуума представляется весьма перспективным методом наплавки порошковых смесей. Основное достоинство данной технологии заключается в возможности обработки крупногабаритных изделий без использования дорогостоящих вакуумных камер [1].

Предварительные исследования, проведенные в работах [2, 3], показали, что при реализации процесса электронно-лучевой вакуумной наплавки и поверхностного легирования материалов наилучшими свойствами обладают слои с заэвтектической структурой, содержащей выделения карбидной фазы  $M_6C$ ,  $M_2C$ ,  $MC$ ,  $M_7C_3$ . Вязкая матрица с распределенными в ней твердыми частицами обеспечивает высокое сопротивление изнашиванию в условиях трения. При легировании в пучке релятивистских электронов необходимо стремиться к получению подобного типа структур.

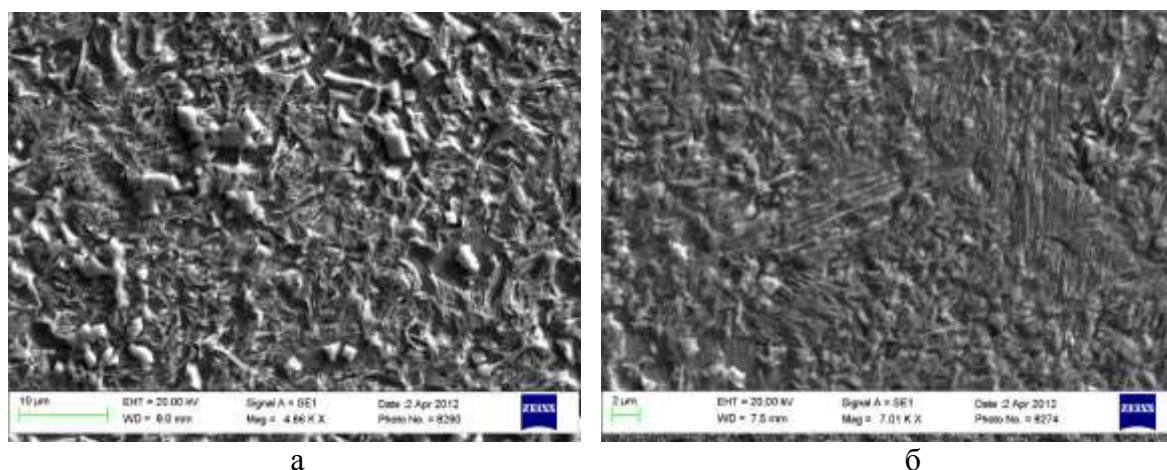
Вневакуумную электронно-лучевую наплавку выполняли на промышленном ускорителе электронов ЭЛВ-6 в Институте ядерной физики СО РАН. На данном этапе в качестве основы использовались пластины из стали Ст3 размерами 100x50x10 мм, в качестве наплавочной смеси: покрытие «А» - смесь порошков титана и углерода; покрытие «Б» - смесь порошков карбида титана  $TiC$  и углерода. Для равномерного плавления порошка и защиты от воздействия кислорода в обоих случаях использовался флюс  $MgF_2$  (50% от общей массы порошка). Плотность насыпки составляла 0,2 г/см<sup>2</sup>.

Обработка осуществлялась в сканирующем режиме со следующими параметрами: энергия электронного пучка – 1,4 МэВ; частота развертки электронного пучка – 26 Гц; расстояние от выпускного окна до

поверхности образца – 90 мм; диаметр пучка – 12 мм; скорость перемещения образца относительно пучка – 10 мм/с; ток пучка – 26 мА.

При данных параметрах наплавки были сформированы покрытия толщиной 2,5 мм, не имеющие трещин и крупных пор, которые могли бы повлиять на механические свойства.

Металлографический анализ поверхности стали Ст3 после электронно-лучевой наплавки в обоих случаях показал, что наплавленный слой имеет однородную структуру по глубине, в матрице которой равномерно распределены частицы кубической формы - карбиды титана TiC. В покрытие «А» содержится большое число кубических частиц – карбидов титана (рис. 1 - а), размер которых составляет ~ 1,2...2,5 мкм. У покрытия «Б» количество карбидных частиц меньше и они имеют размер ~ 0,5...0,7 мкм (рис. 1 - б).



а

б

Рис. 1 – Структура наплавленных покрытий.

а – покрытия из порошков Ti + C; б – покрытия из порошков TiC + C.

Твердость покрытий измерялась в направлении от облучаемой поверхности к основе. Было установлено, что микротвердость покрытия «Б» увеличилась в 2 – 2,5 раза по сравнению с основой и составляет ~4,3 ГПа, а микротвердость покрытия «А» в 3 – 3,3 раза и составляет ~6 ГПа.

В данной работе была определена относительная износостойкость полученных покрытий о жестко закрепленные частицы абразива. Результаты измерения данной характеристики представлены на рисунке 2. Износостойкость покрытия «А» оказалась выше, чем покрытия «Б». Это объясняется высокой объемной долей и большим размером твердых карбидов TiC в покрытии «А». Похожие результаты были получены коллективом авторов [4] при наплавке порошков карбидов на основу из нержавеющей стали.

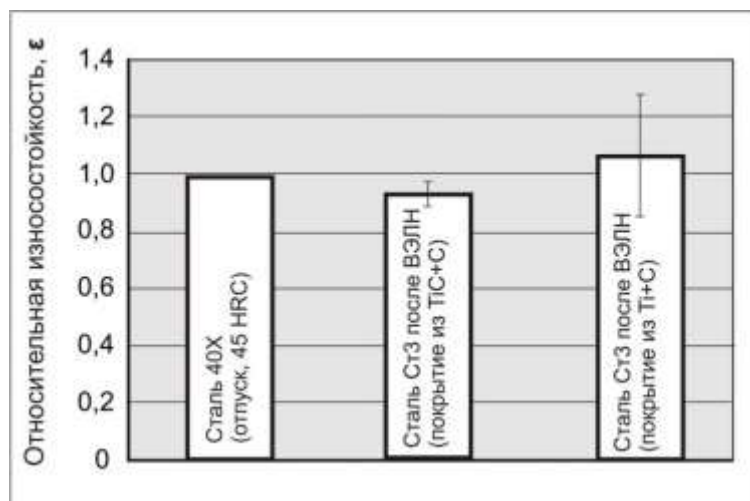


Рис. 2 - Износостойкость стали 40X и карбидных слоев, сформированных методом электронно-лучевой наплавки порошков титана и карбида титана с углеродом на стали Ст3

### Закключение:

Электронно-лучевая наплавка порошковых смесей титана с углеродом и карбида титана с углеродом позволяет сформировать на пластинах стали Ст3 высококачественные покрытия. Износостойкость жестко закрепленные частицы абразива и микротвердость выше в покрытии с большей объемной долей карбидной фазы, которая наблюдается при наплавке смеси порошков титана с углеродом на сталь.

### Литература:

1. Полетика И. М., Голковский М. Г., Борисов М. Д., Салимов Р. А., Перовская М. В. Формирование упрочняющих покрытий в пучке релятивистских электронов // Физика и химия обработки материалов. – 2005. - №5 - С. 29-41.
2. Поболь И. Л. Модифицирование металлов и сплавов электронно-лучевой обработкой // МиТОМ. – 1990. - № 7. – С. 45-47.
3. Радченко М. В., Батырев Н. И., Тимошенко В. Н. Структура и свойства индукционных и электронно-лучевых наплавов из порошкообразных материалов // МиТОМ. – 1987. -№7. – С. 58-60
4. Eunsub Yun, Yong Chan Kim, Sunghak Lee, and Nack J. Kim. Correlation of Microstructure with Hardness and Wear Resistance in (TiC,SiC)/Stainless Steel Surface Composites Fabricated by High-Energy Electron-Beam Irradiation // Metallurgical and materials transactions, V. 35A, MARCH 2004, P. 1029 – 1038.